PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

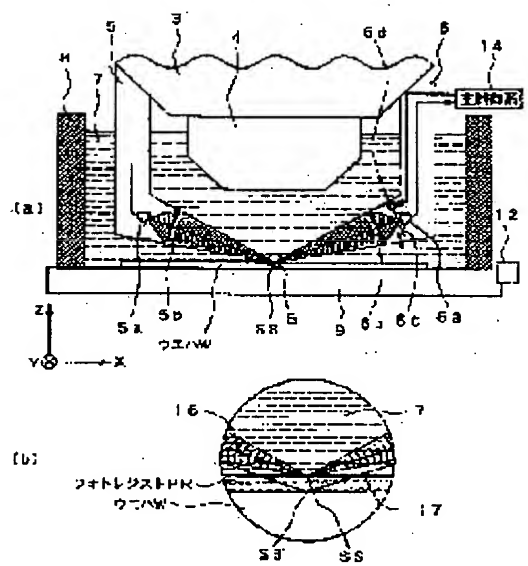
(11)Publication number : 11-176727
(43)Date of publication of application : 02.07.1999

(51)Int.Cl. H01L 21/027
G01B 17/00
G03F 7/20

(21)Application number : 09-341445
(22)Date of filing : 11.12.1997
(71)Applicant : NIKON CORP
(72)Inventor : SHIRAISHI NAOMASA

(54) PROJECTION ALIGNER

(57)Abstract:
PROBLEM TO BE SOLVED: To detect with high precision a position in an optical axis direction of a projection optical system on a surface of a substrate, even when wavelengths of aligned lights are substantially reduced and moreover the alignment is carried out in a liquid.



SOLUTION: A liquid 7 is supplied to a sidewall 8 so as to satisfy a gap between a lens 4 of a projection optical system which is closest to a wafer W and the wafer W. Ultrasonic waves are emitted from an ultrasonic emission system 5, and the ultrasonic waves reflected by an ultrasonic focusing position SS are received by an ultrasonic reception system 6. Based on a detection signal from the ultrasonic reception system 6, a defocusing amount from a best focusing position in a focusing position SS of ultrasonic waves is acquired. Based on the acquired defocusing amount, a sample ore pedestal 9 is driven in a Z-direction to control a focusing position.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or

application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

CLAIMS

[Claim(s)]
[Claim 1] The projection aligner characterized by to have field location detection equipment of the ultrasonic sensing method which detects the location of the direction of an optical axis of said projection optics of said front face by detecting the supersonic wave which sends out a supersonic wave to the immersion equipment which supplies a predetermined liquid to the front face of said substrate, and the front face of said substrate through said liquid in the projection aligner which imprints a mask pattern on a substrate through projection optics, and is reflected on said front face.
[Claim 2] It is the projection aligner according to claim 1 characterized by said field location detection equipment detecting the location of the direction of an optical axis of said projection optics of the front face of said sensitive material when sensitive material is applied to the front face of said substrate.
[Claim 3] Claim 1 characterized by supplying said liquid so that between the point of the optical element by the side of said substrate of said projection optics and the front faces of said substrate may be filled, or a projection aligner given in two.
[Claim 4] Said liquid is a projection aligner claims 1 and 2 characterized by being water or an organic solvent, or given in three.
[Claim 5] The projection aligner of claim 1-4 characterized by having the substrate stage which holds said substrate and positions this substrate on a flat surface perpendicular to the optical axis of said projection optics, and the height control stage which controls the location of the direction of an optical axis of said projection optics of said substrate based on the detection result of said field location detection equipment given in any 1 term.

[Translation done.]

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]
[0001]
[Field of the Invention] This invention relates to the projection aligner used for the lithography process for manufacturing a semiconductor device, a liquid crystal display component, or the thin film magnetic head.
[0002]
[Description of the Prior Art] In case a semiconductor device etc. is manufactured, projection aligners, such as a stepper mold imprinted to each shot field on the wafers (or glass plate etc.) with which the image of the pattern of the reticle as a photo mask was applied to the resist as a substrate through projection optics or step -, and - scanning method, are used.
[0003] The resolution of the projection optics with which the projection aligner is equipped becomes so high that the exposure wavelength to be used is short and the numerical aperture of projection optics is large. Therefore, exposure wavelength used with a projection aligner with detailed-izing of an integrated circuit is short-wavelength-ized every year, and the numerical aperture of projection optics has also been increasing. And although the exposure wavelength of the current mainstream is 248nm of KrF excimer laser, 193nm use of the ArF excimer laser of short wavelength is also considered further.
[0004] Moreover, in case it exposes, the depth of focus as well as resolution becomes important. Resolution R and the depth of focus delta are expressed with the following formulas, respectively.
R=k1 and lambda/NA (1)
Delta=k 2 and lambda/NA 2 (2)
Here, lambda is exposure wavelength and NA is the numerical aperture of projection optics, k1, and k2. It is a process multiplier. When obtaining the same resolution, the depth of focus with bigger using the exposure light of short wavelength can be obtained. however, the spectrum of the penetrable optical member (** material) used for projection optics -- if a transparency property is taken into consideration, while being able to penetrate the exposure light of the wavelength of ArF excimer laser shorter than 193nm at present, there is almost no uniform ** material which can form a comparatively big lens.
[0005]
[Problem(s) to be Solved by the Invention] It is difficult like the above to use the exposure light of the wavelength of ArF excimer laser shorter than 193nm in the conventional projection aligner (projection optics). Then, it considers as the approach of shortening exposure wavelength substantially, and the immersion method is proposed. A wafer is dipped into a predetermined liquid, and this improves resolution using the wavelength of the exposure light in the inside of a liquid increasing 1/n time in air (n being usually 1.2 to about 1.6 at the refractive index of a liquid), and increases the depth of focus.
[0006] By the way, since the whole exposure range needs to enter within the limits of the depth of focus of projection optics at the time of exposure, the focus device (automatic focus device) is prepared in the projection aligner. Incidence of the light beam is carried out to the front face of the wafer which should generally be exposed by oblique incidence, the reflected light is received by the optical system of a confrontation, the focus condition on the front face of a wafer is detected, and this moves a wafer up and down, and drives in to a focus location.

[0007] The film (photoresist) is applied to the wafer front face exposed, and a pattern is imprinted by this photoresist. Then, it is desirable to make this photoresist front face in agreement with the focal location of projection optics, and it needs to detect ****** on the front face of a photoresist. The space where a wafer is arranged is filled with the conventional projection aligner with gases, such as air or nitrogen. And the refractive index of air is 1, for example, and the refractive index of the photoresist applied to the wafer front face is about 1.7. Therefore, the reflection factor of the light in an air-photoresist interface is calculated as follows than Fresnel's formulas.
Reflection factor = {(1-1.7) /(1+1.7)} 2x100 = 6.7 (%) (3)
an air-photoresist interface -- the flux of light for focus detection -- many reflect comparatively and the location on the front face of a photoresist can be detected.
[0008] However, the space where a wafer is arranged will be filled with a liquid at the case of the projection aligner which adopted the immersion method. For example, when a liquid is water, the refractive index is 1.3 and the reflection factor of the light in a water-photoresist interface is calculated as follows than Fresnel's formulas.
Reflection factor = {(1.3-1.7) /(1.3+1.7)} 2x100 = 1.8 (%) (4)
In a water-photoresist interface, since the difference of the refractive index of space and a photoresist becomes remarkably small compared with an air-photoresist interface, the reflection factor of the flux of light for focus detection falls, and it becomes difficult to detect the location on the front face of a photoresist correctly.
[0009] This invention short-wavelength-izes wavelength of exposure light in view of this point, and it aims at offering the projection aligner which can imprint a more detailed pattern. Furthermore, even if it is the case where exposure is performed on the substrate with which sensitive material was applied in the liquid, it aims also at offering the projection aligner which can detect the location of the direction of an optical axis of the projection optics of the front face of the sensitive material with high precision.
[0010]
[Means for Solving the Problem] In the projection aligner with which the projection aligner of this invention imprints the pattern image of a mask (R) on a substrate (W) through projection optics (PL) The immersion equipment which supplies a predetermined liquid (7) to the front face of the substrate (W) (2 8), A supersonic wave is sent out to the front face of the substrate (W) through a liquid (7), and it has field location detection equipment (5 6) of the ultrasonic sensing method which detects the location of the direction of an optical axis of the projection optics (PL) of the front face by detecting the supersonic wave reflected on the front face.
[0011] According to the projection aligner of this this invention, since the pattern image of a mask (R) is exposed on the surface of a substrate (W) through a liquid (7),-izing of the wavelength of the exposure light in a substrate front face can be carried out [short wavelength] 1/n time (n is the refractive index of a liquid (7)) of the wavelength in air. Moreover, since the field location detection equipment (5 6) of an ultrasonic sensing method detects the location of the direction of an optical axis of the front face of a substrate (W) with high precision, with optical field location detection equipment, detection of a field location can detect the location with high precision in a difficult liquid (7).
[0012] Moreover, when sensitive material (PR) is applied on the surface of the substrate (W), as for field location detection equipment (5 6), it is desirable to detect the location of the direction of an optical axis of the projection optics (3 4) of the front face of the sensitive material (PR). In this case, the image surface of projection optics (3 4) can be doubled with the front face of that sensitive material (PR). Moreover, it is desirable to supply a liquid (7) so that between the points and the front faces of a substrate (W) of the optical element (4) by the side of the substrate (W) of projection optics (PL) may be filled. In this case,-izing of the wavelength of the exposure light in a substrate (W) front face can be carried out [short wavelength] 1/n time (n is the refractive index of a liquid (7)) of the wavelength of the exposure light in air. Furthermore, in order that the lens-barrel (3) of projection optics (PL) may not contact a liquid (7), there is an advantage of being hard coming to corrode a lens-barrel (3).
[0013] Moreover, the liquid (7) is water (refractive index 1.3) or organic solvents (for example, alcohol (ethanol (refractive index 1.36) etc.), cedar oil (refractive index 1.52), etc.). In this case, in

using water as a liquid (7), there is an advantage that that acquisition is easy. Moreover, in using an organic solvent as a liquid (7), there is an advantage of being hard coming to corrode the lens-barrel (3) of projection optics (PL). Furthermore, when using cedar oil as a liquid (7), the refractive index is as large as about 1.5, and can short-wavelength-ize exposure light more.

[0014] Moreover, it is desirable to have the substrate stage (10) which holds a substrate (W) and positions this substrate (W) on a flat surface perpendicular to the optical axis of projection optics (PL), and the height control stage (9) which controls the location of the direction of an optical axis (3 4) of the projection optics of that substrate (W) based on the detection result of field location detection equipment (5 6). In this case, the front face of a substrate (W) can be doubled with high precision to the image surface of projection optics (3 4).

[0015]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, with reference to drawing 1 - drawing 3 , it explains per example of the gestalt of operation of this invention. Drawing 1 (a) shows the outline configuration of the projection aligner of this example, and the exposure light IL which consists of ultraviolet pulsed light with a wavelength of 193nm injected from the illumination-light study system 1 containing the ArF excimer laser as the exposure light source, an optical integrator, a field diaphragm, a condensing lens, etc. illuminates the pattern prepared in Reticle R in this drawing 1 (a). the pattern of Reticle R -- a both-sides (or wafer side one side) tele cent -- contraction projection is carried out to the exposure field on the wafer W with which Photoresist PR was applied through the rucksack projection optics PL for the predetermined projection scale factor beta (beta is 1/4, and 1 / 5 grades). In addition, as an exposure light IL, KrF excimer laser light (wavelength of 248nm), F2 excimer-laser light (wavelength of 157nm), i line (wavelength of 365nm) of a mercury lamp, etc. may be used. The Z-axis is taken in parallel with the optical axis AX of projection optics PL hereafter, a Y-axis is taken along a direction perpendicular to the space of drawing 1 (a) in a flat surface perpendicular to the Z-axis, and the X-axis is taken and explained along a direction parallel to space.

[0016] Reticle R is held on a reticle stage RST, and the device which can be moved slightly to the direction of X, the direction of Y, and a hand of cut is included in the reticle stage RST. The two-dimensional location of a reticle stage RST and the angle of rotation are measured by real time with the laser interferometer (un-illustrating). On the other hand, Wafer W is held on the sample base 9 through a wafer holder (un-illustrating), and the sample base 9 is being fixed on Z stage 10 which controls the focal location (location of a Z direction) and tilt angle of Wafer W. On the sample base 9, the cylinder-like side attachment wall 8 is established, and gets down, and the interior is filled with the liquid 7. A liquid 7 is supplied in a side attachment wall 8 before exposure through nozzle 2a by the liquid supply recovery system 2 which consists of a pump etc., and are collected after exposure. In addition, in the projection aligner of this example, since water (refractive index 1.3) is used as a liquid 7 and the wavelength of light increases 1/1.3 time in air in underwater, wavelength of exposure light which consists of ArF excimer laser (wavelength of 193nm) is substantially short-wavelength-ized by about 148nm.

[0017] Moreover, the lens-barrel 3 of projection optics PL is metal, and it is using the contact part of projection optics PL and a liquid 7 only as the lens 4 nearest to Wafer W in this example in order to prevent corrosion with a liquid 7. Moreover, the focal location detection system (it is called "the AF sensors 5 and 6" below) which consists of an ultrasonic injection system 5 and an ultrasonic receiving system 6 is attached in the side face of the lens-barrel 3 of projection optics PL.

[0018] Drawing 1 (b) is an about eight side attachment wall [of drawing 1 (a)] enlarged drawing, and door 8a which can be opened and closed and which is used in the case of taking out from conveyance of a up to [the sample base 9 of Wafer W] or the sample base 9 is prepared in the side attachment wall 8 in this drawing 1 (b). Moreover, nozzle 2a of the liquid supply recovery system 2 has supply of a liquid, and composition which can be driven up and down in the case of recovery.

[0019] Return and Z stage 10 are fixed by drawing 1 (a) on X-Y stage 11 which moves along XY flat surface parallel to the image surface of projection optics PL, and X-Y stage 11 is laid on the non-illustrated base. Z stage 10 controls the focal location (location of a Z direction) of Wafer W, and a tilt angle, and doubles the photoresist PR front face on Wafer W with the image surface of projection optics PL by the automatic focus method and the auto leveling method, and X-Y stage 11 performs

alignment of the direction of X of Wafer W, and the direction of Y. The two-dimensional location of the sample base 9 (wafer W) and the angle of rotation are measured by real time with the laser interferometer 13 as a location of the migration mirror 12. Based on this measurement result, control information is sent to the wafer stage drive system 15 from the main control system 14, actuation of Z stage 10 and X-Y stage 11 is controlled, each shot field on Wafer W moves to a sequential exposure location at the time of exposure, and the exposure imprint of the pattern of Reticle R is carried out to each shot field.
[0020] Next, the AF sensors 5 and 6 of the projection aligner of this example are explained. Drawing 2 (a) expands and shows near the lower part of the projection optics of this example, and ultrasonic generating component 5a and focussing-of-ultrasonic-waves component 5b are prepared in the ultrasonic injection system 5 in this drawing 2 (a). It converges on the focusing location SS on the photoresist PR front face applied to Wafer W by focussing-of-ultrasonic-waves component 5b, it reflects in the focusing location SS, and incidence of the supersonic wave with a frequency of 50MHz - about 200MHz injected from ultrasonic generating component 5a which consists of a piezoelectric device etc. is carried out to the ultrasonic receiving system 6. Ultrasonic receiving component 6a, focussing-of-ultrasonic-waves component 6b, and noise insulation plate 6c that can vibrate are prepared in the ultrasonic receiving system 6, and the supersonic wave which carried out incidence to the ultrasonic receiving system 6 converges by focussing-of-ultrasonic-waves component 6b, and carries out incidence to ultrasonic receiving component 6a through opening of noise insulation plate 6c. The detecting signal of ultrasonic receiving component 6a is supplied to the main control system 14. In addition, opening which passes a supersonic wave is prepared in the center section of noise insulation plate 6c, and the location where the main control system 14 carries out the horizontal shift (or vibration) of the noise insulation plate 6c by 6d of noise insulation plate drives, and the detecting signal of ultrasonic receiving component 6a becomes max is detected. Or the synchronous detection of the detecting signal of ultrasonic receiving component 6a may be carried out by the signal which synchronized with vibrating noise insulation plate 6c.
[0021] Drawing 2 (b) expands and shows near focusing location SS of the supersonic wave on a photoresist PR front face, and the photoresist PR for sensitization is applied on Wafer W in this drawing 2 (b). In order that AF sensor of an oblique incidence method detects the location SS on a photoresist PR front face by optical [conventional], the refractive index of the liquid 7 and Photoresist PR also as a way may be comparable, a reflection factor may become very low and light may go to the front face of Wafer W in accordance with a path 17, location SS' detected is not located on the front face of Photoresist PR, but is doubled with the image surface of projection optics PL in the front face of the substrate of Wafer W itself. Since it progresses in accordance with a path 16 and is reflected on the front face of Photoresist PR, the location SS on a photoresist PR front face is detected correctly, and the supersonic wave of the AF sensors 5 and 6 of this example can make a photoresist PR front face focus to the image surface with high precision.
[0022] Moreover, the location of the Z direction of a photoresist PR front face is detected by optical [conventional] by the same principle as AF sensor of an oblique incidence method from the horizontal shift amount of the focusing location of the supersonic wave on ultrasonic receiving component 6a. That is, if the focusing location on ultrasonic receiving component 6a of drawing 2 (a) will shift up if Wafer W shifts down [in drawing 2 R> 2 (b)] (- Z direction), and Wafer W shifts above [in drawing 2 (b)], since the focusing location on ultrasonic receiving component 6a shifts caudad, it can calculate the variation of the focal location of the front face of Photoresist PR from this horizontal shift amount. Therefore, beforehand, the best focus location is defined with the test print etc., and should just double the core (or oscillating core) of opening of noise insulation plate 6c, and the core of the focusing location of a supersonic wave then.
[0023] Drawing 3 shows relation with the focal location Z of the focal signal D and a photoresist PR front face obtained by carrying out the synchronous detection of the detecting signal from the ultrasonic receiving system 6 as an example. Within the main control system 14, the focal signal D which changes in proportion [almost] to the focal location Z in the predetermined range is generated corresponding to the focusing location SS of the supersonic wave in a photoresist PR front face by detecting synchronously the detecting signal from ultrasonic receiving set 6a with the driving signal of noise insulation plate 6c. In this example, when the focusing location SS has agreed in the

image surface (best focus location) of projection optics PL, the calibration is performed so that it may be set to 0, and as for the main control system 14, the focal signal D corresponding to the focusing location SS of a supersonic wave can calculate the amount of defocusing (the amount of gaps) from the focal signal D. When the focal location of Wafer W is up, Z stage 10 (wafer W) is moved caudad, and when there is a focal location caudad conversely, it will expose by moving Z stage 10 (wafer W) up.

[0024] In addition, although water (refractive index 1.3) was used as a liquid 7 in this example, organic solvents (for example, alcohol, cedar oil, etc.) can also be used as a liquid 7. In this case, there is an advantage of being hard coming to corrode the lens-barrel 3 of projection optics PL. Moreover, when using cedar oil (refractive index 1.5), the refractive index is as large as 1.5, and can short-wavelength-ize exposure light more substantially.

[0025] In addition, the noise insulation plate which has two or more openings in the ultrasonic injection system 5 about detection of a focal location is arranged. You may make it detect each focal location of the two or more on the front face of a photoresist. Or the noise insulation plate which arranges the noise insulation plate which has big opening in the ultrasonic injection system 5, and has two or more openings is arranged in the ultrasonic receiving system 6, and you may make it detect each focal location in two or more points similarly.

[0026] In addition, with the gestalt of the above-mentioned operation, although the focal location on the front face of a photoresist of a wafer was detected using the supersonic wave, the leveling sensor which detects the tilt angle on the front face of a photoresist using a supersonic wave may be used. What is necessary is to irradiate the supersonic wave which progresses almost in parallel on the surface of a wafer, and just to detect the sound-collecting location of the supersonic wave reflected by this leveling sensor.

[0027] In addition, of course, configurations various in the range which this invention is not limited to the gestalt of above-mentioned operation, and does not deviate from the summary of this invention can be taken.

[0028]

[Effect of the Invention] According to the projection aligner of this invention, since the pattern image of a mask is exposed on the surface of a substrate through a liquid,-izing of the wavelength of the exposure light in a substrate front face can be substantially made [short wavelength] twice [inverse number] the refractive index of the liquid of the wavelength in air. Moreover, since the field location detection equipment of an ultrasonic sensing method detects the location of the direction of an optical axis on the front face of a substrate, with optical field location detection equipment, detection of a field location can detect the location with high precision in a difficult liquid.

[0029] Moreover, when field location detection equipment detects the location of the direction of an optical axis of the projection optics of the front face of sensitive material, based on the detection information, the front face of the sensitive material can be doubled with high precision to the image surface of projection optics. Moreover, when a liquid is supplied so that between the points and the front faces of a substrate of the optical element by the side of the substrate of projection optics may be filled,-izing of the exposure light can be carried out [short wavelength] 1/n time in air (n is the refractive index of a liquid), and in order that the lens-barrel of projection optics may not contact a liquid, there is an advantage of being hard coming to corrode the lens-barrel of projection optics.

[0030] Moreover, when a liquid is water, there is an advantage that the acquisition is easy. When liquids are organic solvents (for example, alcohol, cedar oil, etc.), there is an advantage of being hard to corrode the lens-barrel of projection optics. Furthermore, when using cedar oil as a liquid, the refractive index is large compared with 1.5, water (refractive index 1.3), etc., and exposure light can be short-wavelength-ized more.

[0031] Moreover, when it has the substrate stage which holds a substrate and positions this substrate on a flat surface perpendicular to the optical axis of projection optics, and the height control stage which controls the location of the direction of an optical axis of the projection optics of that substrate based on the detection result of field location detection equipment, the image surface of projection optics can be doubled with the exposure location on a substrate front face.

[Translation done.]

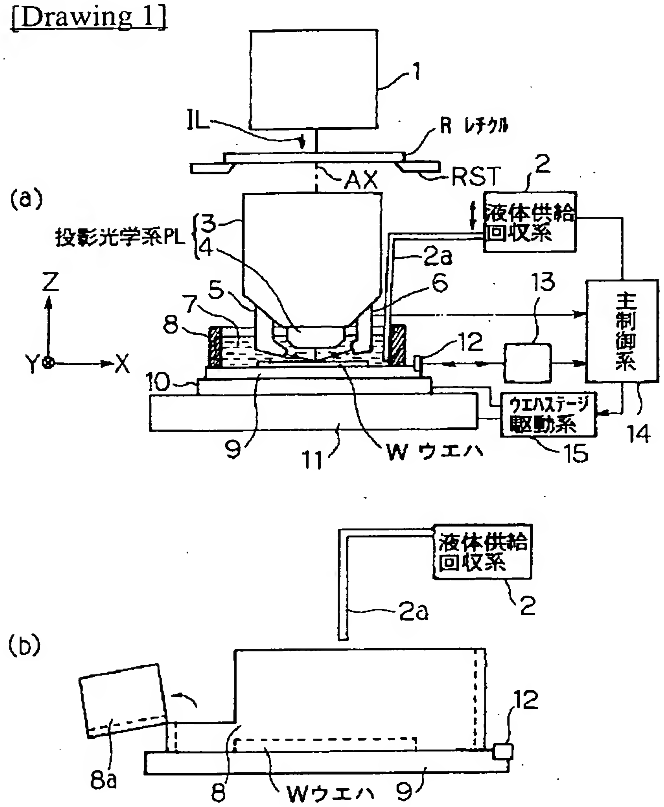
DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]
[Drawing 1] The outline block diagram in which (a) shows the projection aligner of an example of the gestalt of operation of this invention, and (b) are the enlarged drawings showing about eight side attachment wall of drawing 1 (a).
[Drawing 2] The partial enlarged drawing in which (a) shows the configuration of the projection aligner lower part of drawing 1 (a), and (b) are the enlarged drawings of the B section of drawing 2 (a).
[Drawing 3] It is drawing showing the focal location Z on the front face of a photoresist on Wafer W, and relation with the focal signal D.
[Description of Notations]
W Wafer
R Reticle
PL Projection optics
1 Illumination-Light Study System
2 Liquid Supply Recovery System
3 Lens-barrel
4 Lens
5 Ultrasonic Injection System
6 Ultrasonic Receiving System
7 Liquid
8 Side Attachment Wall
9 Sample Base
10 Z Stage
14 Main Control System
15 Wafer Stage Drive System

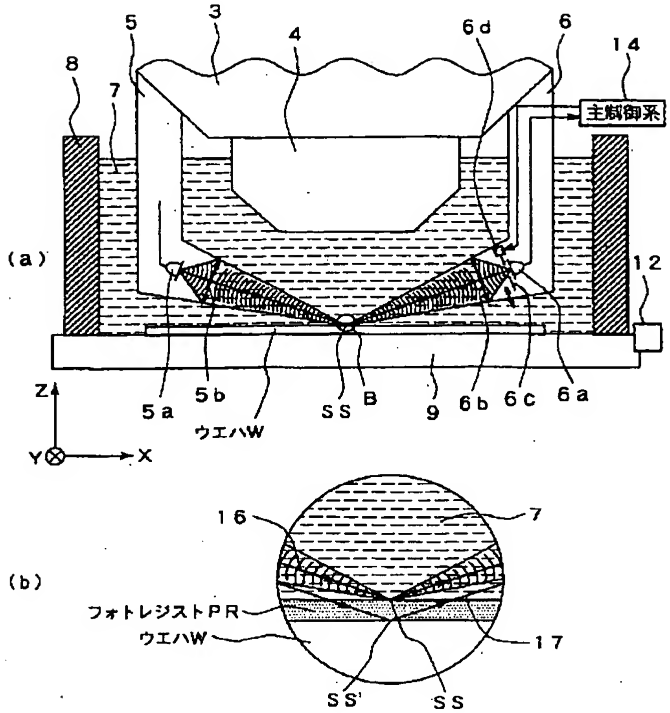
[Translation done.]

DRAWINGS

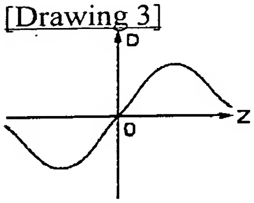
[Drawing 1]



[Drawing 2]



[Drawing 3]



[Translation done.]

(19) JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **11176727 A**

(43) Date of publication of application: **02.07.99**

(51) Int. Cl **H01L 21/027**
G01B 17/00
G03F 7/20

(21) Application number: **09341445**

(22) Date of filing: **11.12.97**

(71) Applicant: **NIKON CORP**

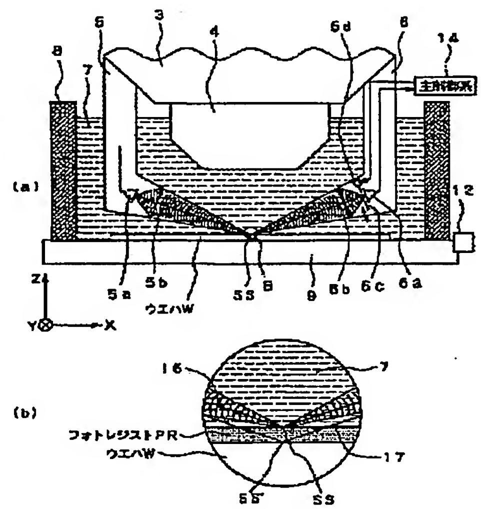
(72) Inventor: **SHIRAISHI NAOMASA**

(54) **PROJECTION ALIGNER**

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To detect with high precision a position in an optical axis direction of a projection optical system on a surface of a substrate, even when wavelengths of aligned lights are substantially reduced and moreover the alignment is carried out in a liquid.

SOLUTION: A liquid 7 is supplied to a sidewall 8 so as to satisfy a gap between a lens 4 of a projection optical system which is closest to a wafer W and the wafer W. Ultrasonic waves are emitted from an ultrasonic emission system 5, and the ultrasonic waves reflected by an ultrasonic focusing position SS are received by an ultrasonic reception system 6. Based on a detection signal from the ultrasonic reception system 6, a defocusing amount from a best focusing position in a focusing position SS of ultrasonic waves is acquired. Based on the acquired defocusing amount, a sample ore pedestal 9 is driven in a Z-direction to control a focusing position.



(19)日本国特許庁（ＪＰ）　(12) 公開特許公報（Ａ）　(11)特許出願公開番号

特開平11－176727

(43)公開日　平成11年(1999) 7月2日

(51)Int.Cl.⁶	識別記号	ＦＩ	
Ｈ０１Ｌ　21/027		Ｈ０１Ｌ　21/30	５２６Ｚ
Ｇ０１Ｂ　17/00		Ｇ０１Ｂ　17/00	Ｂ
Ｇ０３Ｆ　7/20	５２１	Ｇ０３Ｆ　7/20	５２１
		Ｈ０１Ｌ　21/30	５１４Ｃ

審査請求　未請求　請求項の数５　ＯＬ　（全６頁）

(21)出願番号　特願平9－341445

(22)出願日　平成９年(1997)12月11日

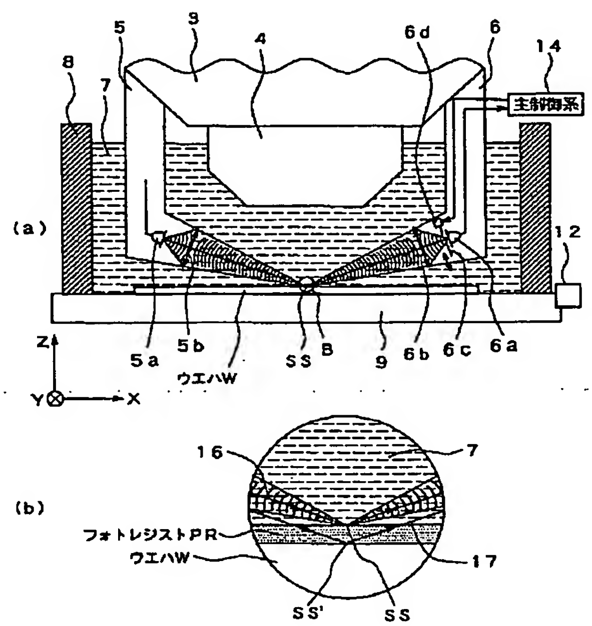
(71)出願人　000004112
株式会社ニコン
東京都千代田区丸の内３丁目２番３号

(72)発明者　白石　直正
東京都千代田区丸の内３丁目２番３号　株式会社ニコン内

(74)代理人　弁理士　大森　聡

(54)【発明の名称】　投影露光装置

(57)【要約】
【課題】　露光光を実質的に短波長化し、また、露光が液体中で行われる場合であっても、基板表面の投影光学系の光軸方向の位置を高精度に検出する。
【解決手段】　ウエハＷに最も近い投影光学系のレンズ４とウエハＷとの間を満たすように側壁８内に液体７を供給する。超音波射出系５から超音波を射出し、超音波集束位置ＳＳにおいて反射した超音波を超音波受信系６により受信する。超音波受信系６からの検出信号に基づいて、超音波の集束位置ＳＳにおけるベストフォーカス位置からのデフォーカス量を求める。求められたデフォーカス量に基づいて試料台９をＺ方向に駆動し、フォーカス位置の制御を行う。



【特許請求の範囲】

【請求項１】　マスクパターンを投影光学系を介して基板上に転写する投影露光装置において、
前記基板の表面に所定の液体を供給する液浸装置と、
前記基板の表面に前記液体を介して超音波を送出し、前記表面で反射される超音波を検出することによって前記表面の前記投影光学系の光軸方向の位置を検出する超音波方式の面位置検出装置と、
を備えたことを特徴とする投影露光装置。

【請求項２】　前記基板の表面に感光材料が塗布されている際に、
前記面位置検出装置は、前記感光材料の表面の前記投影光学系の光軸方向の位置を検出することを特徴とする請求項１記載の投影露光装置。

【請求項３】　前記投影光学系の前記基板側の光学素子の先端部と前記基板の表面との間を満たすように前記液体が供給されることを特徴とする請求項１、又は２記載の投影露光装置。

【請求項４】　前記液体は、水、又は有機溶媒であることを特徴とする請求項１、２、又は３記載の投影露光装置。

【請求項５】　前記基板を保持して該基板を前記投影光学系の光軸に垂直な平面上で位置決めする基板ステージと、
前記面位置検出装置の検出結果に基づいて前記基板の前記投影光学系の光軸方向の位置を制御する高さ制御ステ＊

＊ージと、を備えたことを特徴とする請求項１～４の何れか一項記載の投影露光装置。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】本発明は、例えば、半導体素子、液晶表示素子、又は薄膜磁気ヘッド等を製造するためのリソグラフィ工程に用いられる投影露光装置に関する。

【０００２】

【従来の技術】半導体素子等を製造する際に、フォトマスクとしてのレチクルのパターンの像を投影光学系を介して、基板としてのレジストが塗布されたウエハ（又はガラスプレート等）上の各ショット領域に転写するステッパー型、又はステップ・アンド・スキャン方式等の投影露光装置が使用されている。

【０００３】投影露光装置に備えられている投影光学系の解像度は、使用する露光波長が短く、投影光学系の開口数が大きいほど高くなる。そのため、集積回路の微細化に伴い投影露光装置で使用される露光波長は年々短波長化しており、投影光学系の開口数も増大してきている。そして、現在主流の露光波長は、ＫｒＦエキシマレーザの２４８ｎｍであるが、更に短波長のＡｒＦエキシマレーザの１９３ｎｍの使用も検討されている。

【０００４】また、露光を行う際には、解像度と同様に焦点深度も重要となる。解像度Ｒ、及び焦点深度δはそれぞれ以下の式で表される。

$$R = k_1 \cdot \lambda / NA \qquad (1)$$

$$\delta = k_2 \cdot \lambda / NA^2 \qquad (2)$$

ここで、λは露光波長、ＮＡは投影光学系の開口数、k_1，k_2はプロセス係数である。同じ解像度を得る場合には短い波長の露光光を用いた方が大きな焦点深度を得ることができる。しかしながら、投影光学系に使用される透過性の光学部材（硝材）の分光透過特性を考慮すると、現時点ではＡｒＦエキシマレーザの１９３ｎｍより短い波長の露光光を透過できると共に、比較的大きなレンズを形成できる均一な硝材はほとんどない。

【０００５】

【発明が解決しようとする課題】上記の如く従来の投影露光装置（投影光学系）では、ＡｒＦエキシマレーザの１９３ｎｍより短い波長の露光光を使用することは困難である。そこで、実質的に露光波長を短くする方法として、液浸法が提案されている。これは、ウエハを所定の液体中に浸し、液体中での露光光の波長が、空気中の１／ｎ倍（ｎは液体の屈折率で通常１．２～１．６程度）になることを利用して解像度を向上し、焦点深度を増大するというものである。

【０００６】ところで、露光時には、露光範囲全体が投※

※影光学系の焦点深度の範囲内に入る必要があるため、投影露光装置には、合焦機構（オートフォーカス機構）が設けられている。これは、一般に露光すべきウエハの表面に斜入射で光ビームを入射し、その反射光を対面の光学系で受光してウエハ表面の合焦状態を検出し、ウエハを上下に移動して合焦位置へ追い込むというものである。

【０００７】露光されるウエハ表面には感光膜（フォトレジスト）が塗布されており、このフォトレジストにパターンが転写される。そこで、このフォトレジスト表面を投影光学系の焦点位置に一致させることが望ましく、フォトレジスト表面の位置をを検出する必要がある。従来の投影露光装置では、ウエハが配置される空間は空気、又は窒素等の気体で満たされている。そして、例えば空気の屈折率は１であり、ウエハ表面に塗布されたフォトレジストの屈折率は、約１．７である。従って、空気−フォトレジスト界面における光の反射率は、フレネルの式より以下のように計算される。

$$\text{反射率} = \{(1 - 1.7)/(1 + 1.7)\}^2 \times 100 = 6.7\ (\%) \qquad (3)$$

空気−フォトレジスト界面では、合焦検出用の光束の比較的多くが反射し、フォトレジスト表面の位置を検出す

ることができる。

【０００８】しかし、液浸法を採用した投影露光装置の場合には、ウエハが配置される空間は液体で満たされる＊ことになる。例えば液体が水である場合、その屈折率は１．３であり、水－フォトレジスト界面における光の反射率は、フレネルの式より以下のように計算される。

反射率＝｛（１．３－１．７）／（１．３＋１．７）｝^{2}×１００
＝１．８（％）　（４）

水－フォトレジスト界面では、空気－フォトレジスト界面に比べ空間とフォトレジストとの屈折率の差が著しく小さくなるため、合焦検出用の光束の反射率が低下し、フォトレジスト表面の位置を正確に検出することが困難となる。

【０００９】本発明は斯かる点に鑑み、露光光の波長を短波長化し、より微細なパターンを転写できる投影露光装置を提供することを目的とする。さらに、液体中で感光材料が塗布された基板上に露光が行われる場合であっても、その感光材料の表面の投影光学系の光軸方向の位置を高精度に検出することができる投影露光装置を提供することをも目的とする。

【００１０】

【課題を解決するための手段】本発明の投影露光装置は、マスク（Ｒ）のパターン像を投影光学系（ＰＬ）を介して基板（Ｗ）上に転写する投影露光装置において、その基板（Ｗ）の表面に所定の液体（７）を供給する液浸装置（２，８）と、その基板（Ｗ）の表面に液体（７）を介して超音波を送出し、その表面で反射される超音波を検出することによってその表面のその投影光学系（ＰＬ）の光軸方向の位置を検出する超音波方式の面位置検出装置（５，６）とを備えたものである。

【００１１】斯かる本発明の投影露光装置によれば、マスク（Ｒ）のパターン像を液体（７）を介して基板（Ｗ）の表面に露光するため、基板表面における露光光の波長を空気中における波長の１／ｎ倍（ｎは液体（７）の屈折率）に短波長化できる。また、超音波方式の面位置検出装置（５，６）により基板（Ｗ）の表面の光軸方向の位置を高精度に検出するため、光学式の面位置検出装置では面位置の検出が困難な液体（７）中においても、その位置を高精度に検出することができる。

【００１２】また、基板（Ｗ）の表面に感光材料（ＰＲ）が塗布されている際に、面位置検出装置（５，６）は、その感光材料（ＰＲ）の表面の投影光学系（３，４）の光軸方向の位置を検出することが望ましい。この場合、投影光学系（３，４）の像面をその感光材料（ＰＲ）の表面に合わせ込むことができる。また、投影光学系（ＰＬ）の基板（Ｗ）側の光学素子（４）の先端部とその基板（Ｗ）の表面との間を満たすように液体（７）が供給されることが望ましい。この場合、基板（Ｗ）表面における露光光の波長を、空気中における露光光の波長の１／ｎ倍（ｎは液体（７）の屈折率）に短波長化できる。さらに、投影光学系（ＰＬ）の鏡筒（３）が液体（７）に接触しないため、鏡筒（３）が腐食しにくくなるという利点がある。

【００１３】また、その液体（７）は、水（屈折率１．３）、又は有機溶媒（例えばアルコール（エタノール（屈折率１．３６）等）、セダー油（屈折率１．５２）等）である。この場合に液体（７）として水を用いる場合には、その入手が容易であるという利点がある。また、液体（７）として有機溶媒を用いる場合には、投影光学系（ＰＬ）の鏡筒（３）が腐食しにくくなるという利点がある。さらに、液体（７）としてセダー油を用いる場合には、その屈折率が約１．５と大きく、露光光をより短波長化することができる。

【００１４】また、基板（Ｗ）を保持してこの基板（Ｗ）を投影光学系（ＰＬ）の光軸に垂直な平面上で位置決めする基板ステージ（１０）と、面位置検出装置（５，６）の検出結果に基づいてその基板（Ｗ）の投影光学系の光軸方向（３，４）の位置を制御する高さ制御ステージ（９）とを備えることが望ましい。この場合、投影光学系（３，４）の像面に対して基板（Ｗ）の表面を高精度に合わせ込むことができる。

【００１５】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態の一例につき図１～図３を参照して説明する。図１（ａ）は本例の投影露光装置の概略構成を示し、この図１（ａ）において、露光光源としてのＡｒＦエキシマレーザ光源、オプティカル・インテグレータ、視野絞り、コンデンサレンズ等を含む照明光学系１から射出された波長１９３ｎｍの紫外パルス光よりなる露光光ＩＬは、レチクルＲに設けられたパターンを照明する。レチクルＲのパターンは、両側（又はウエハ側に片側）テレセントリックな投影光学系ＰＬを介して所定の投影倍率β（βは例えば１／４，１／５等）でフォトレジストＰＲが塗布されたウエハＷ上の露光領域に縮小投影される。なお、露光光ＩＬとしては、ＫｒＦエキシマレーザ光（波長２４８ｎｍ）、F_2エキシマレーザ光（波長１５７ｎｍ）や水銀ランプのｉ線（波長３６５ｎｍ）等を使用してもよい。以下、投影光学系ＰＬの光軸ＡＸに平行にＺ軸を取り、Ｚ軸に垂直な平面内で図１（ａ）の紙面に垂直な方向に沿ってＹ軸を取り、紙面に平行な方向に沿ってＸ軸を取って説明する。

【００１６】レチクルＲはレチクルステージＲＳＴ上に保持され、レチクルステージＲＳＴにはＸ方向、Ｙ方向、回転方向に微動できる機構が組み込まれている。レチクルステージＲＳＴの２次元的な位置、及び回転角はレーザ干渉計（不図示）によってリアルタイムに計測されている。一方、ウエハＷはウエハホルダ（不図示）を介して試料台９上に保持され、試料台９はウエハＷのフ

ォーカス位置（Ｚ方向の位置）及び傾斜角を制御するＺステージ１０上に固定されている。試料台９上には円筒状の側壁８が設けられおり、その内部は液体７で満たされている。液体７は、ポンプ等からなる液体供給回収系２により、ノズル２ａを介して露光前に側壁８内に供給され、露光後に回収される。なお、本例の投影露光装置では液体７として水（屈折率１．３）を使用しており、光の波長は水中において空気中の１／１．３倍になるため、ＡｒＦエキシマレーザ（波長１９３ｎｍ）よりなる露光光の波長は実質的に約１４８ｎｍに短波長化される。

【００１７】また、投影光学系ＰＬの鏡筒３は金属製であり、液体７による腐食を防止するため、本例では、投影光学系ＰＬと液体７との接触部分は、ウエハＷに最も近いレンズ４のみとしている。また、投影光学系ＰＬの鏡筒３の側面には、超音波射出系５と超音波受信系６とよりなる焦点位置検出系（以下「ＡＦセンサ５，６」と呼ぶ）が取り付けられている。

【００１８】図１（ｂ）は図１（ａ）の側壁８近傍の拡大図であり、この図１（ｂ）において、側壁８にはウエハＷの試料台９上への搬送、又は試料台９からの搬出の際に使用する開閉自在の扉８ａが設けられている。また、液体供給回収系２のノズル２ａは、液体の供給、及び回収の際に上下に駆動することができる構成となっている。

【００１９】図１（ａ）に戻り、Ｚステージ１０は投影光学系ＰＬの像面と平行なＸＹ平面に沿って移動するＸＹステージ１１上に固定され、ＸＹステージ１１は不図示のベース上に載置されている。Ｚステージ１０は、ウエハＷのフォーカス位置（Ｚ方向の位置）、及び傾斜角を制御してウエハＷ上のフォトレジストＰＲ表面をオートフォーカス方式、及びオートレベリング方式で投影光学系ＰＬの像面に合わせ込み、ＸＹステージ１１はウエハＷのＸ方向、及びＹ方向の位置合わせを行う。試料台９（ウエハＷ）の２次元的な位置、及び回転角は、移動鏡１２の位置としてレーザ干渉計１３によってリアルタイムに計測されている。この計測結果に基づいて主制御系１４からウエハステージ駆動系１５に制御情報が送られ、Ｚステージ１０、ＸＹステージ１１の動作が制御され、露光時にはウエハＷ上の各ショット領域が順次露光位置に移動し、レチクルＲのパターンが各ショット領域へ露光転写される。

【００２０】次に、本例の投影露光装置のＡＦセンサ５，６について説明する。図２（ａ）は、本例の投影光学系の下部近傍を拡大して示し、この図２（ａ）において、超音波射出系５には超音波発生素子５ａ、及び超音波集束素子５ｂが設けられている。圧電素子等からなる超音波発生素子５ａから射出された周波数５０ＭＨｚ～２００ＭＨｚ程度の超音波は、超音波集束素子５ｂによりウエハＷに塗布されたフォトレジストＰＲ表面上の集束位置ＳＳに集束され、集束位置ＳＳで反射して超音波受信系６に入射する。超音波受信系６には超音波受信素子６ａ、超音波集束素子６ｂ、及び振動できる遮音板６ｃが設けられており、超音波受信系６に入射した超音波は超音波集束素子６ｂにより集束され、遮音板６ｃの開口を介して超音波受信素子６ａに入射する。超音波受信素子６ａの検出信号は主制御系１４に供給される。なお、遮音板６ｃの中央部には超音波を通過させる開口が設けられて、主制御系１４が遮音板駆動機構６ｄにより遮音板６ｃを横シフト（又は振動）させて超音波受信素子６ａの検出信号が最大になる位置を検出する。又は、遮音板６ｃを振動させるのに同期した信号で超音波受信素子６ａの検出信号を同期検波してもよい。

【００２１】図２（ｂ）は、フォトレジストＰＲ表面上の超音波の集束位置ＳＳ付近を拡大して示し、この図２（ｂ）において、ウエハＷ上には感光用のフォトレジストＰＲが塗布されている。従来の光学式で斜入射方式のＡＦセンサによりフォトレジストＰＲ表面上の位置ＳＳを検出しようとしても、液体７とフォトレジストＰＲの屈折率が同程度で反射率が極めて低くなり、光は経路１７に沿ってウエハＷの表面まで進むため、検出される位置ＳＳ’はフォトレジストＰＲの表面上に位置せず、投影光学系ＰＬの像面にはウエハＷの基板自体の表面が合わせ込まれる。本例のＡＦセンサ５，６の超音波は経路１６に沿って進みフォトレジストＰＲの表面で反射されるため、フォトレジストＰＲ表面上の位置ＳＳが正確に検出され、高精度にフォトレジストＰＲ表面を像面に合焦させることができる。

【００２２】また、フォトレジストＰＲ表面のＺ方向の位置は、従来の光学式で斜入射方式のＡＦセンサと同様の原理によって超音波受信素子６ａ上での超音波の集束位置の横シフト量から検出される。即ち、ウエハＷが図２（ｂ）中の下方（－Ｚ方向）にずれれば図２（ａ）の超音波受信素子６ａ上での集束位置が上方にずれ、ウエハＷが図２（ｂ）中の上方にずれれば超音波受信素子６ａ上での集束位置は下方にずれるため、この横シフト量よりフォトレジストＰＲの表面のフォーカス位置の変化量を求めることができる。そのため、予めベストフォーカス位置はテストプリント等によって定めておき、そのときに遮音板６ｃの開口の中心（又は振動中心）と超音波の集束位置の中心とを合わせておけばよい。

【００２３】図３は、一例として超音波受信系６からの検出信号を同期検波して得られるフォーカス信号ＤとフォトレジストＰＲ表面のフォーカス位置Ｚとの関係を示す。主制御系１４内で、超音波受信装置６ａからの検出信号を、遮音板６ｃの駆動信号で同期整流することによって、フォトレジストＰＲ表面での超音波の集束位置ＳＳに対応して、フォーカス位置Ｚに所定範囲でほぼ比例して変化するフォーカス信号Ｄが生成される。本例では、超音波の集束位置ＳＳに対応するフォーカス信号Ｄ

は、集束位置ＳＳが投影光学系ＰＬの像面（ベストフォーカス位置）に合致しているときに０になるようにキャリブレーションが行われており、主制御系１４は、フォーカス信号Ｄよりデフォーカス量（ずれ量）を求めることができる。ウエハＷのフォーカス位置が上方にある場合には、Ｚステージ１０（ウエハＷ）を下方に移動し、逆にフォーカス位置が下方にある場合には、Ｚステージ１０（ウエハＷ）を上方に移動して露光を行うことになる。

【００２４】なお、本例では液体７として水（屈折率１．３）を使用したが、液体７として有機溶媒（例えばアルコール、セダー油等）を用いることもできる。この場合には、投影光学系ＰＬの鏡筒３が腐食しにくくなるという利点がある。また、セダー油（屈折率１．５）を用いる場合には、その屈折率が１．５と大きく、露光光を実質的により短波長化することができる。

【００２５】なお、フォーカス位置の検出については、超音波射出系５に複数の開口を有する遮音板を配置し、フォトレジスト表面の複数点での各フォーカス位置を検出するようにしてもよく、あるいは、大きな開口を有する遮音板を超音波射出系５内に配置し、且つ複数の開口を有する遮音板を超音波受信系６内に配置して、同様に複数点での各フォーカス位置を検出するようにしてもよい。

【００２６】なお、上記の実施の形態では、超音波を用いてウエハのフォトレジスト表面のフォーカス位置を検出したが、超音波を用いてフォトレジスト表面の傾斜角を検出するレベリングセンサを用いてもよい。このレベリングセンサでは、ウエハの表面にほぼ平行に進む超音波を照射して、反射される超音波の集音位置を検出すればよい。

【００２７】なお、本発明は上述の実施の形態に限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の構成を取り得ることは勿論である。

【００２８】

【発明の効果】本発明の投影露光装置によれば、マスクのパターン像を液体を介して基板の表面に露光するため、基板表面における露光光の波長を実質的に空気中における波長の液体の屈折率の逆数倍に短波長化できる。また、超音波方式の面位置検出装置により基板表面の光軸方向の位置を検出するため、光学式の面位置検出装置では面位置の検出が困難な液体中においても、その位置を高精度に検出することができる。

【００２９】また、面位置検出装置が、感光材料の表面の投影光学系の光軸方向の位置を検出する場合には、その検出情報に基づいて投影光学系の像面に対してその感光材料の表面を高精度に合わせ込むことができる。また、投影光学系の基板側の光学素子の先端部とその基板の表面との間を満たすように液体が供給される場合には、露光光を空気中の１／ｎ倍（ｎは液体の屈折率）に短波長化できる、また、投影光学系の鏡筒が液体に接触しないため、投影光学系の鏡筒が腐食しにくくなるという利点がある。

【００３０】また、液体が、水である場合には、その入手が容易であるという利点がある。液体が、有機溶媒（例えばアルコール、セダー油等）である場合には、投影光学系の鏡筒が腐食しにくいという利点がある。さらに、液体としてセダー油を用いる場合には、その屈折率が１．５と水（屈折率１．３）等に比べて大きく、露光光をより短波長化することができる。

【００３１】また、基板を保持してこの基板を投影光学系の光軸に垂直な平面上で位置決めする基板ステージと、面位置検出装置の検出結果に基づいてその基板の投影光学系の光軸方向の位置を制御する高さ制御ステージとを備える場合には、投影光学系の像面を基板表面上の露光位置に合わせ込むことができる。

【図面の簡単な説明】

【図１】（ａ）は本発明の実施の形態の一例の投影露光装置を示す概略構成図、（ｂ）は図１（ａ）の側壁８近傍を示す拡大図である。

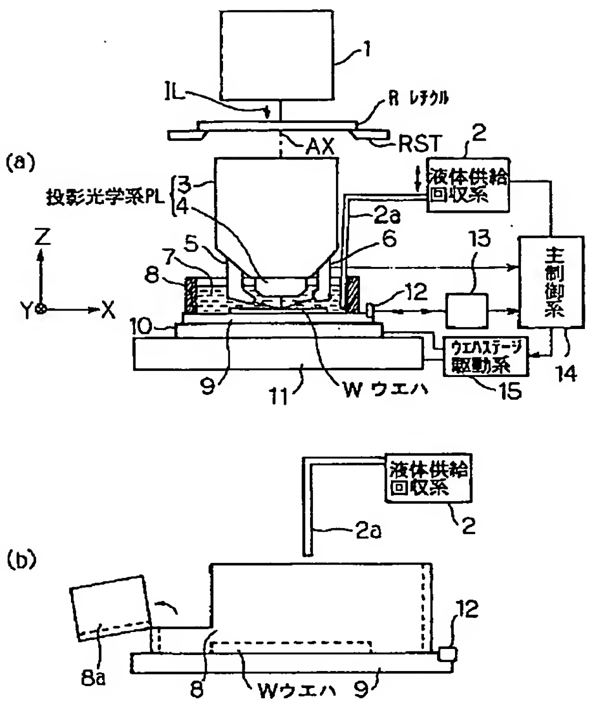
【図２】（ａ）は図１（ａ）の投影露光装置下部の構成を示す部分拡大図、（ｂ）は図２（ａ）のＢ部の拡大図である。

【図３】ウエハＷ上のフォトレジスト表面のフォーカス位置Ｚとフォーカス信号Ｄとの関係を示す図である。

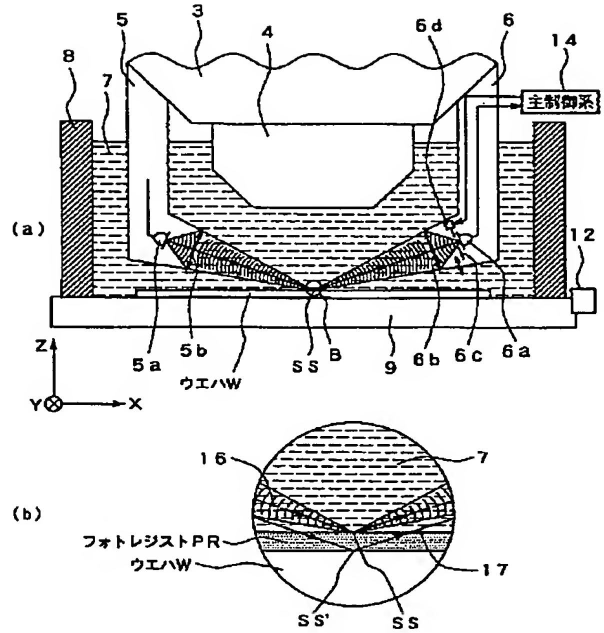
【符号の説明】

Ｗ　ウエハ
Ｒ　レチクル
ＰＬ　投影光学系
１　照明光学系
２　液体供給回収系
３　鏡筒
４　レンズ
５　超音波射出系
６　超音波受信系
７　液体
８　側壁
９　試料台
１０　Ｚステージ
１４　主制御系
１５　ウエハステージ駆動系

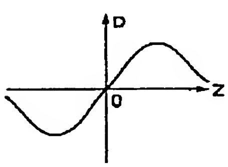
【図1】


IL
1
R レチクル
AX
RST
2
(a)
投影光学系PL
3
4
液体供給
回収系
2a
5
6
13
7
8
12
主制御系
Z
Y
X
10
ウエハステージ
駆動系
14
9
11
W ウエハ
15
液体供給
回収系
2a
2
(b)
12
8a
8
Wウエハ
9

【図2】


5
3
4
6d
6
14
8
7
主制御系
(a)
12
Z
5a
5b
ウエハW
SS
B
9
6b
6c
6a
Y
X
16
7
(b)
フォトレジストPR
ウエハW
17
SS'
SS

【図3】


D
0
Z